

# ALTERNATIVNÍ USPOŘÁDÁNÍ ZVLÁŠTNÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

## ALTERNATIVE ARRANGEMENT OF SPECIAL ROUNDABOUT

doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.; doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.;  
Ing. Jan Petru, Ph.D.; Ing. Václav Škvain <sup>1</sup>

<sup>1</sup> VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, L. Poděště 1875/17, Ostrava - Poruba

### ABSTRAKT

Článek se zabývá posouzením alternativního uspořádání zvláštní okružní křižovatky. Popisuje použité metody, tj. měření charakteristik dopravních proudů, kapacitní výpočty a dopravní modelování. Jsou zde uvedeny výsledky analýzy z konkrétní okružní křižovatky s jednopruhovým okružním pásem ve srovnání s dvojitou okružní křižovatkou, která se skládá ze dvou miniokružních křižovatek.

**Klíčová slova:** Okružní křižovatka, silniční doprava, kapacita křižovatky, simulace dopravy

### ABSTRACT

The paper deals with alternative arrangement of special roundabout. It describes used method, i.e. measurement of traffic flow characteristics, capacity calculations and traffic simulation. There is shown results of analysis for concrete roundabout with one-line circulatory roadway compared double roundabout with two mini roundabouts.

**Key words:** Roundabout, Road Transport, Intersection Capacity, Traffic Simulation

## 1 ÚVOD

Podle funkčních vlastností a velikosti rozeznáváme dle příslušné normy [2] zejména následující základní typy okružních křižovatek: okružní křižovatky s jedním, resp. dvěma a více jízdními pruhy na okružním páse a miniokružní křižovatky. Existují však ještě tzv. zvláštní okružní křižovatky, které vzniknou buď spojením dvou nebo více okružních křižovatek do jednoho křižovatkového typu nebo jde o okružní křižovatku upravenou pro řízení světelným signalizačním zařízením návrhem dvou nebo více řadících pruhů na vjezdu do křižovatky a na okružním páse [2]. Zvláštní okružní křižovatky se navrhuje jen v odůvodněných případech. Jedním z důvodů mohou být problémy, které se vyskytují na okružní křižovatce, která byla sledována v rámci výzkumných projektů řešených na Katedře dopravního stavitelství, Fakulty stavební, VŠB-TU Ostrava [3], [5]. Jde o čtyřramennou okružní křižovatku s jedním jízdním pruhem na okružním páse (viz obr. 1). Křižovatka se nachází ve městě Valašské Meziříčí a setkávají se zde významné komunikace z okolních měst (Vsetín, Rožnov pod Radhoštěm a Hranice, resp. Nový Jičín) – tj. silnice I/35, I/57 a II/150. Na této křižovatce dochází v době dopravní špičky ke vzniku dlouhých front vozidel, jak je z obr. 1 patrné.

Předmětná křižovatka je na našem pracovišti sledována již řadu let. Jedním z prvních větších počínů bylo pořizování a následné analýzy videozáznamů silničního provozu na vybraných okružních křižovatkách v České republice v rámci projektu [5]. Sledovány byly jednak intenzity vozidel a jednak konfliktní situace. Cílem bylo posoudit vliv geometrie stavebních prvků na bezpečnost a plynulost provozu a možnost predikce vzniku dopravních nehod. Druhým počínem bylo posouzení této

křižovatky v rámci projektu [3]. Na křižovatce byly provedeny dopravní průzkumy vybraných dopravně-inženýrských charakteristik a následně bylo možné alternativní uspořádání této okružní křižovatky podrobit kapacitnímu posouzení.



**Obr. 1: Letecký pohled na sledovanou křižovatku, vč. ukázky fronty vozidel [7]**

Jako alternativní řešení sledované křižovatky bylo zvoleno řešení, které je znázorněno na obr. 2. Jde o dvě miniokružní křižovatky, které však nemají pojížděný středový ostrůvek. Dopravní proudy na kritickém rameni D (a rovněž na rameni B) jsou zde tak rozděleny na dvě části. Vozidla odbočující z těchto ramen „vlevo“ projíždějí pouze jednou miniokružní křižovatkou, vozidla odbočující „vlevo“ z ramen A a C však musí projet celou křižovatkou (tj. dvěma miniokružními křižovatkami). Vnější průměr obou miniokružních křižovatek je  $D = 18$  m.



**Obr. 2: Posuzované alternativní uspořádání okružní křižovatky [6]**

Na této dvojitě okružní křižovatce platí stejná úprava přednosti v jízdě jako na běžné okružní křižovatce. Jsou zde použity dopravní značky „Dej přednost v jízdě“ (P4) a „Kruhový objezd“ (C1) – viz obr. 2. Tyto značky jsou před každým vjezdem do okružní křižovatky (viz obr. 2 – šipky č. 1), včetně místa, kde řidič přejíždí z jedné okružní křižovatky do druhé (viz obr. 2 – šipka č. 2).

V následujícím textu je křižovatka podrobena kapacitnímu posouzení, přičemž je zde navržen postup výpočtu pro české podmínky silničního provozu. Vzhledem k tomu, že jde pouze o teoretickou úpravu křižovatky, byl provoz také simulován v mikrosimulačním software PTV VISSIM.

## 2 POUŽITÉ METODY

### 2.1 Měření charakteristik dopravních proudů

Byly sledovány základní charakteristiky jednotlivých dopravních proudů, tj. intenzity vozidel, směrování dopravních proudů a jejich rychlosti. Intenzity a směrování dopravních proudů byly měřeny ručně jednak na místě a jednak s využitím videozáznamu provozu, který byl pořízen jednoduchou videoaparaturou. Kromě ručního měření byla na vybraných místech křižovatky využita zařízení

uvedené na obr. 3. Těmito zařízeními je vybavena Laboratoř dopravního inženýrství při Katedře dopravního stavitelství (Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava) – viz [4].



**Obr. 3: Zařízení na měření dopravně-inženýrských charakteristik [4]**  
(zleva: Viacount II, ICOMS TMS-SA4, NUMETRICS NC-200, Bushnell SPEED STER II)

## 2.2 Kapacitní posuzování okružních křižovatek

Pro kapacitní posouzení okružních křižovatek se používá metodika uvedená v technických podmínkách TP 234 [1]. Dle TP 234 je posuzována jak kapacita jednotlivých vjezdů do okružní křižovatky, tak kapacita jednotlivých výjezdů z okružní křižovatky. V rámci tohoto článku budou posouzeny jen vjezdy. Kapacita vjezdu  $C_i$  [veh/h] okružní křižovatky se tedy dle [1] určí takto:

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_k}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_k}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

K výpočtu je potřeba znát následující veličiny vztahující se k příslušnému vjezdu (příp. k celé křižovatce): intenzita dopravy na okruhu před posuzovaným vjezdem  $I_k$  [veh/h], počet jízdních pruhů na okruhu  $n_k$  [-], koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na vjezdu  $n_{i,koef}$  [-] (1,0 pro jednapruhové a 1,5 pro dvoupruhové vjezdy), kritický časový odstup  $t_g$  [s], následný časový odstup  $t_f$  [s] a minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou  $\Delta$  [s]. Hodnoty  $t_g$ ,  $t_f$  a  $\Delta$  se určí dle geometrických rozměrů dle [1]. Na základě kapacity vjezdu se následně určí rezerva kapacity a dle TP 234 [1] pak příslušná úroveň kvality dopravy. Pro křižovatky místních komunikací je dle ČSN 73 6102 [2] požadován stupeň kvality dopravy E.

## 2.3 Simulace provozu v PTV VISSIM

Pro vytvoření dopravního modelu, který by sloužil k zjištění některých parametrů na sledovaných křižovatkách (např. pro analýzu dob zdržení), byl použit specializovaný mikrosimulační software PTV VISSIM. Podstatou mikrosimulace je modelování jízdy jednotlivých vozidel po dané komunikační síti, přičemž se zohledňují všechny parametry infrastruktury i dopravních prostředků, a to včetně chování řidiče. U vozidel se zadávají údaje o jejich rozměrech, dosahované rychlosti, zrychlení a zpomalení, hmotnosti vozidla nebo výkonu motoru. Vstupními parametry jsou dále charakteristiky řidičů nebo ostatních účastníků provozu, tj. chodců, cyklistů, tramvajů apod. Je také nutné doplnit údaje o zatížení komunikační sítě, jako celkové intenzity, skladbu dopravních proudů a další údaje. Výstupem jsou pak standardní údaje, které lze zjišťovat i v rámci jiných dopravních průzkumů. Může se jednat o kapacitu komunikací nebo křižovatek, zdržení, délku front, úsekové rychlosti, průměrné rychlosti a další.

# 3 VÝSLEDKY VÝZKUMU

## 3.1 Měření charakteristik dopravních proudů

Zjištěné intenzity skutečných vozidel [3] na sledované okružní křižovatce byly přepočteny na tzv. přepočtená vozidla. Intenzity na vjezdech a na výjezdech, jakožto i intenzity na okružním páse byly

následně použity při kapacitních výpočtech. Při orientačním měření nebyly zjištěny žádné výrazné excesy, které by se lišily od normálně dosahovaných rychlostí na okružních křižovatkách tohoto typu. Rychlosti na vjezdech a výjezdech se lišily v závislosti na nutnosti dávání přednosti v jízdě vozidlům na kružním páse, resp. chodcům na přechodech pro chodce. Rychlosti na okružním páse se pohybovaly pro osobní automobily a dodávky v rozsahu 35-40 km/h, u nákladních vozidel, autobusů a nákladních souprav pak pod hranici 35 km/h [3].

### 3.2 Kapacitní posouzení křižovatky

Kapacitní posouzení současného uspořádání křižovatky bylo provedeno dle vztahů a parametrů uvedených dříve. Současná křižovatka je řešena jako okružní křižovatka s jednopruhovým okružním pásem a tomu odpovídají i příslušné hodnoty kritických a následných odstupů, příp. dalších parametrů. Výsledné kapacity jednotlivých vjezdů a výjezdů uvádí tab. 1.

| Veličina/Rameno              | A   | B          | C          | D          |
|------------------------------|-----|------------|------------|------------|
| Intenzita na vjezdu [pvoz/h] | 564 | 686        | 494        | 1404       |
| Kapacita vjezdu [pvoz/h]     | 665 | 562        | 494        | 439        |
| Rezerva kapacity [pvoz/h]    | 101 | -124       | -175       | -429       |
| Úroveň kvality dopravy       | D   | F          | F          | F          |
| Posouzení vjezdu             | OK  | nevyhovuje | nevyhovuje | nevyhovuje |

Tab. 1: Posouzení kapacit vjezdů současné okružní křižovatky s jednopruhovým okružním pásem [3]

Při posouzení kapacity dvojitě okružní křižovatky je situace složitější. Nejprve bylo nutno určit ty dopravní proudy, které projíždějí celou okružní křižovatkou, a ty, které využívají systému dvou miniokružních křižovatek, resp. pouze jedné z nich. Jednou miniokružní křižovatkou na křižovatce zobrazené na obr. 2 projíždějí tedy dopravní proudy jedoucí z ramen B a D a odbočující vlevo. Tyto směry jsou na obrázku označeny jako B2 a D2. Kapacita se v těchto případech bude posuzovat jako kapacita miniokružní křižovatky. U ostatních směrů lze postupovat klasickým způsobem jako u jednopruhové okružní křižovatky, nicméně je nutno zohlednit pravděpodobnost vzduť vozidel při přejezdu z jedné miniokružní křižovatky do druhé. Ve všech případech je však potřeba pozorně sledovat intenzity na okružním páse, které ovlivňují jednotlivé vjezdy. Výsledky kapacitních výpočtů na dvojitě okružní křižovatce uvádí tab. 2. Vzhledem k tomu, že nedošlo ke změně geometrie v případě výjezdů, byly posuzovány pouze vjezdy.

| Veličina/Rameno              | A   | B1  | B2  | C   | D1   | D2  |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Intenzita na vjezdu [pvoz/h] | 564 | 600 | 86  | 494 | 1005 | 399 |
| Kapacita vjezdu [pvoz/h]     | 585 | 625 | 407 | 513 | 1035 | 696 |
| Rezerva kapacity [pvoz/h]    | 21  | 25  | 321 | 19  | 30   | 297 |
| Úroveň kvality dopravy       | E   | E   | A   | E   | E    | B   |
| Posouzení vjezdu             | OK  | OK  | OK  | OK  | OK   | OK  |

Tab. 2: Posouzení kapacit vjezdů dvojitě okružní křižovatky [3]

### 3.3 Mikrosimulační model

Mikrosimulační model byl vytvořen v programu PTV VISSIM a to jak pro křižovatku v současném uspořádání (tj. okružní křižovatka s jednopruhovým okružním pásem), tak pro dvojitou okružní

křižovatku (viz obr. 4). Byly sledovány doby zdržení pro všechny dopravní proudy na obou křižovatkách. Výsledky jsou uvedeny v tab. 3.



Obr. 4: Příklad mikrosimulačního modelu vytvořeného v PTV VISSIM ([3]; podklad [6])

| z ramene | z ramene A: | vpravo [s] | rovně [s]   | vlevo [s]   |
|----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| A        | OK-1 / OK-2 | 2,6 / 2,5  | 9,1 / 8,5   | 12,3 / 11,4 |
| B        | OK-1 / OK-2 | 2,6 / 2,0  | 13,8 / 11,5 | 15,5 / 12,3 |
| C        | OK-1 / OK-2 | 2,8 / 2,6  | 9,2 / 8,7   | 11,3 / 10,0 |
| D        | OK-1 / OK-2 | 2,5 / 1,9  | 15,4 / 8,9  | 17,1 / 15,7 |

Tab. 3: Průměrné doby zdržení [s] zjištěné mikrosimulačním modelem v programu PTV VISSIM (OK-1 = současné uspořádání okružní křižovatky; OK-2 = dvojitá okružní křižovatka) [3]

## 4 ZÁVĚR

Výsledky provedené analýzy ukazují, že dvojitá okružní křižovatka vykazuje především z hlediska kapacity zlepšení oproti stávající okružní křižovatce s jednopruhovým okružním pásem. Prezentované výsledky jsou platné přesně pouze pro konkrétní sledovanou křižovatku a pro konkrétní vstupní intenzity provozu. Nicméně i tyto výsledky mohou vyvolat řadu podnětů a otázek k diskusi. Pro potřeby získání obecnějších hodnot kritických a následných časových odstupů je nezbytné provedení mnohem většího počtu odpovídajících měření na větším množství křižovatek. Každá křižovatka je specifická a může tedy vykazovat jiné hodnoty těchto veličin. Totéž se týká rychlostí vozidel jednotlivých dopravních proudů. Je tedy otázkou, zda a kdy je takové zobecnění těchto parametrů žádoucí.

Kapacitu křižovatky ovlivňují také konkrétní specifika křižovatky, jako například vyšší počet nákladních vozidel, autobusů atp., množství přecházejících chodců a podobně, což je rovněž nutné zohlednit při sestavování mikrosimulačního modelu. Zajímavým porovnáním by bylo sledování změny rezervy kapacity nejen při rovnoměrných změnách intenzit. Srovnání rezerv kapacit je možné také provést s jinými typy křižovatek jako například s průsečnou křižovatkou, se spirálovou okružní křižovatkou či světelně řízenou křižovatkou.

Článek si v žádném případě nekladl za cíl provést podrobnou analýzu všech možností, které mohou v provozu nastat. Poukazuje pouze na možné řešení problémové křižovatky a možný způsob analýzy vybraných dopravně-inženýrských parametrů.

## PODĚKOVÁNÍ

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2014, přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky [3]. Některé videozáznamy provozu na sledované křižovatce byly pořízeny za finanční podpory projektu výzkumu a vývoje č. CG911-008-910 „Vliv geometrie stavebních prvků na bezpečnost a plynulost

provozu na okružních křižovatkách a možnost predikce vzniku dopravních nehod“ Ministerstva dopravy ČR [5].

### Použitá literatura

- [1] BARTOŠ, Luděk a kol. *TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek*. Technické podmínky. Liberec: EDIP, 2011, 54 s. ISBN 978-80-87394-02-1
- [2] ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Ed. 2. Česká technická norma, 2012
- [3] KŘIVDA, Vladislav, Ivana MAHDALOVÁ, Jan PETRŮ a Václav ŠKVAIN. *Posouzení účinnosti úprav na vybraných typech křižovatek z hlediska jejich bezpečnosti a kapacity*. Projekt koncepčního rozvoje, výzkumu a inovací pro rok 2014, Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014
- [4] *Laboratoř dopravního inženýrství* [on-line]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/ldi>
- [5] MAHDALOVÁ, Ivana. *Vliv geometrie stavebních prvků na bezpečnost a plynulost provozu na okružních křižovatkách a možnost predikce vzniku dopravních nehod*. Projekt výzkumu a vývoje č. CG911-008-910 Ministerstva dopravy ČR. Řešitel Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2009 – 2010
- [6] VAŠUTOVÁ, Lucie. *Posouzení kapacity zvláštní dvojité okružní křižovatky*. Bakalářská práce (vedoucí doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.). Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2014, 34 s.
- [7] *MAPY.CZ* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)